



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

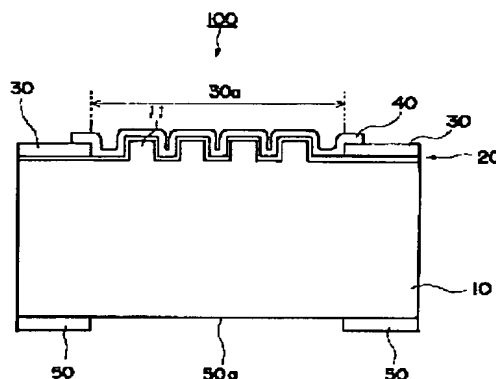
(11) Publication number: **07015033 A**(43) Date of publication of application: **17.01.95**(51) Int. Cl. **H01L 33/00**(21) Application number: **05157592**(71) Applicant: **JAPAN ENERGY CORP**(22) Date of filing: **28.06.93**(72) Inventor: **MOMOI HAJIME  
NODA AKIRA**(54) **SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE**

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To improve output and response speed and obtain a device suitable to a light source for optical communication, by decreasing the density of a current injected in a light emitting region, improving the linearity of current- optical output characteristics up to a high output region, increasing the maximum value of available luminous intensity, and improving the upper limit of signal transmission speed.

**CONSTITUTION:** An LED 100 has the structure wherein the central part of the main surface of a semiconductor substrate 10 is uneven, a semiconductor multilayered film 20 containing a light emitting layer 22 and an insulating film 30 are laminated in order along the uneven form, and an ohmic electrode 40 is formed in an aperture 30a of the insulating film 30. An ohmic electrode 50, and an aperture 50a for leading out light are formed on the rear of the semiconductor substrate 10. The light emitting layer 22 is constituted as a multiple quantum well structure formed by laminating a plurality of well layers.



Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

## 特開平7-15033

(43) 公開日 平成7年(1995)1月17日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>

H01L 33/00

識別記号

A 7376-4M

F I

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-157592

(22) 出願日 平成5年(1993)6月28日

(71) 出願人 000231109

株式会社ジャパンエナジー  
東京都港区虎ノ門二丁目10番1号

(72) 発明者 桃井 元

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 株式  
会社日鉱共石内

(72) 発明者 野田 朗

埼玉県戸田市新曽南3丁目17番35号 株式  
会社日鉱共石内

(74) 代理人 弁理士 荒船 博司 (外1名)

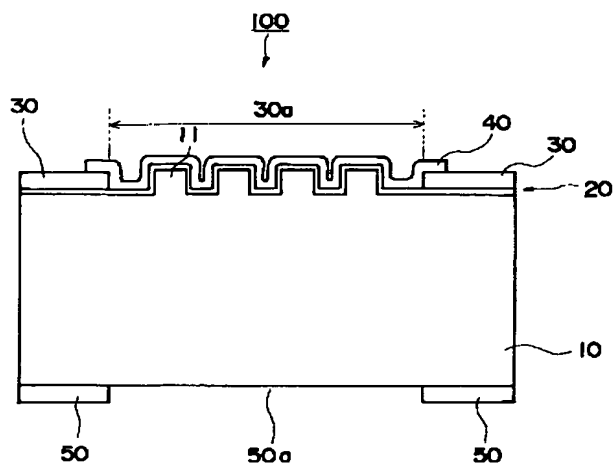
(54) 【発明の名称】 半導体発光装置

(57) 【要約】

【目的】 高出力且つ高応答速度の半導体発光装置、特に光通信用の光源に利用して好適な面発光型LEDを提供する。

【構成】 LED100は、半導体基板10の主面の中央部が凹凸形状をなし、その凹凸形状に沿って発光層22を含む半導体多層膜20及び絶縁膜30が順次積層され、その絶縁膜30の開口部30aにオーミック電極40が設けられてなる構造をしている。半導体基板10の裏面には、オーミック電極50及び光取り出し用開口部50aが開けられている。発光層22は、さらに複数の井戸層が積層されてなる多重量子井戸構造になっている。

【効果】 発光領域に注入される電流の密度が低くなり、高出力に至るまで電流-光出力特性の直線性がよく、利用可能な発光強度の最大値が大きくなるので、信号の伝送速度の上限をより高くすることができる。従って、高出力且つ高応答速度の何れも満足させることができ、光通信用の光源として好適である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板上に発光層を有する半導体多層膜よりなる発光領域が形成され、さらにその上にオーミック電極が形成されてなる半導体発光装置において、少なくとも前記発光領域における前記発光層は、複数の凸部又は複数の凹部を有する凹凸状に形成されており、その凹凸状に沿って前記オーミック電極が形成されていることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 2】 上記発光層は、比較的小さな禁制帯幅の領域と比較的大きな禁制帯幅の領域とが交互に設けられてなる多重量子井戸構造になっていることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体発光装置の構造に関し、特に面発光型の発光ダイオードの構造に関する。

## 【 0 0 0 2 】

【従来の技術】光通信の光源として用いられる半導体発光素子には、レーザ・ダイオード (LD) の他に発光ダイオード (LED) がある。LED、特に活性層 (発光層) に対して垂直な方向に光を取り出すことができる所謂面発光型 LED は、LD よりも、温度変動に起因する光出力変動が少ない、アナログ信号を伝送するのに適している、電流の大きさを簡単に設定することができるなどの利点を有しているため、加入者系の光通信網における近距離通信の光信号源として重要である。

【 0 0 0 3 】従来の面発光型 LED は、図 9 に示すように、InP などの半導体基板 1 上にクラッド層 (又は、バッファ層) 2、発光層 3、クラッド層 4、コンタクト層 (キャップ層) 5 が順次平坦に積層された構造をなしている。そして、コンタクト層 5 上に積層された絶縁膜 6 の開口部 6 a にて電極 7 がコンタクト層 5 にオーミック接触している。一方、半導体基板 1 の裏面にはその基板 1 にオーミック接触する電極 8 が形成され、その電極 8 の中央には光取り出し用開口部 8 a が開けられている。上記電極 7、8 間に電圧を印加して電極 7 から 8 に向かって電流を流すことにより、発光層 3 で光が発生し、上記開口部 8 a より素子外部へ放射される。

## 【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】上記構造の LED においては、光通信における伝送路である光ファイバーのコアに光を効率よく入射させることができるように、発光層 3 の狭い領域 (発光領域) に電流が注入されるようになっている。そのため、発光領域に注入される電流密度が高くなり、発光に関与しない電流の比率が急激に増してしまう。つまり、注入される電流値がある値を超えると、発光強度が電流の大きさに比例しない状態、所謂発光の飽和状態となってしまうという欠点があった。

【 0 0 0 5 】この飽和状態の発生は、オージェ再結合過

程による非発光再結合、或は発光層内に注入されたキャリアがクラッド層 2、4 に漏れ出す所謂キャリアのオーバーフロー現象が原因である。そして、これら非発光再結合やオーバーフロー現象は、非発光再結合により発生した熱で発光層の温度が上昇することにより、更に促進されてしまう。

【 0 0 0 6 】従って、LED を光通信に応用する場合、上記発光の飽和状態とならない電流域で発光させなければならず、実際に利用可能な発光強度の最大値は小さくなってしまおうという問題があった。そのため、所定の信号純度 (シグナル・ノイズ比) を維持するには、発光強度に反比例して決まる信号の伝送速度の上限、即ちデジタル信号のパルス周期 (ビットレート) の上限が低くなってしまおうという問題を生じていた。従って、高出力及び高応答速度の何れも満足するのは無理であった。

【 0 0 0 7 】本発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、高出力且つ高応答速度の半導体発光装置、特に光通信用の光源に利用して好適な面発光型 LED を提供することを目的としている。

## 【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】本発明は、半導体基板上に発光層を有する半導体多層膜よりなる発光領域が形成され、さらにその上にオーミック電極が形成されてなる半導体発光装置において、少なくとも前記発光領域における前記発光層は、複数の凸部又は複数の凹部を有する凹凸状に形成されており、その凹凸状に沿って前記オーミック電極が形成されているようにしたものである。また、上記発光層は、比較的小さな禁制帯幅の領域と比較的大きな禁制帯幅の領域とが交互に設けられてなる多重量子井戸構造になっているとする。

## 【 0 0 0 9 】

【作用】上記手段によれば、発光領域における発光層が凹凸状に形成されているため、従来の発光層が平坦な構造のものに較べて、発光層の面積が大きくなる。例えば、発光層において、一辺の長さ W の平面正方形をなす凸部が一辺の長さ 2 W の正方形の柵目の中央に設けられており、凹凸構造の段差 (高さ) が長さ L である時 (図 2 及び図 3 参照)、発光層の面積は S 1 は、平坦な構造における同面積 S 2 に対し、次式で表される。

$$S 1 / S 2 = 1 + (L / W)$$

この式において L / W で表されたアスペクトレシオが 1 以下の場合には、凹凸をエッチングにより容易に形成可能であるので、その範囲にける S 1 / S 2 の最大値は、L = W の時に得られ、その時の値は 2 となる。即ち、発光層を凹凸形状とすることにより、その面積が最大、従来の 2 倍となる。

【 0 0 1 0 】従って、従来の場合と同じ大きさの電流を発光領域に流しても、その領域に注入される実効的なキャリア濃度が低くなり、発光の飽和状態の生じる電流値が高くなる。即ち、従来よりも高電流を流して発光強度

を高くしても発光の飽和状態が起き難く、高出力に至るまで電流-光出力特性の直線性がよくなる。そのため、利用できる発光強度の最大値が大きくなるので、光通信の発光源として使用した場合に、所定の信号純度を維持可能な信号の伝送速度の上限がより高くなる。また、発光領域自体は従来のものに較べて大きくならないので、光ファイバーのコアに光を効率よく入射させることができ、光ファイバーとの結合効率が向上する。

【0011】さらに、凹凸状の発光層に沿ってオーミック電極が形成されているため、電極面積が広がって電極抵抗が低くなる。この抵抗はダイオードと直列に接続されているため、この抵抗において消費される電力が低減され、発光素子に投入した電力のうち発光出力として取り出される電力の割合が高くなる。即ち、発光効率が向上する。加えて、その電極抵抗における発熱が低減し、発光層の温度上昇が抑制される。従って、オージェ再結合等の非発光再結合の寄与が低減されるので、発光の飽和状態がより一層起こり難くなる。

【0012】

【実施例】本発明に係る半導体発光装置の一例を、図1乃至図8に示し、説明する。図1には、本発明に係る半導体発光装置を適用したLEDが示されている。同図に示すように、このLED100は、 $n$ -InP（以下、導電型が $n$ 型の時は「 $n$ -」と記述し、 $p$ 型の時は「 $p$ -」と記述する。）などからなる半導体基板10の主面の中央部が凹凸形状をなしており、その主面上に半導体多層膜20及び絶縁膜30が順次積層され、その絶縁膜30の中央部、即ち前記凹凸形状部分に対応する箇所に設けられた開口部30aにて $p$ -電極40が半導体多層膜20にオーミック接触してなる構造をしている。一方、半導体基板10の裏面には、その基板10にオーミック接触する $n$ -電極50が形成され、その電極50の中央には光取り出し用開口部50aが開けられており、半導体多層膜20中の発光層22（図2参照）で発せられた光はその開口部50aよりLED100の外部へ放射される。

【0013】図2には、LED100の凹凸形状部分が拡大して示されている。同図に示すように、半導体多層膜20は、クラッド層（又は、バッファー層）21、発光層（活性層）22、クラッド層23、コンタクト層（キャップ層）24が順次積層されてなる構造をしており、半導体基板10の凹凸形状に沿って設けられている。ここで、例えば、クラッド層21は $n$ -InPなどからなり、発光層22とクラッド層23とコンタクト層24は $p$ -InGaAsPなどからなる。

【0014】図3には、上述した凹凸形状部分における凸部11の配置の一例が示されている。同図に示すように、その凸部11は、例えば、発光層22における平面形状が一辺の長さ $W$ の正方形をなしており、一辺の長さ $2W$ の正方形の枠目（一点鎖線で示した。）の中央に設

けられている。そして、その凸部11の発光層22における高さ $L$ は、好ましくは前記 $W$ 以下である（図2参照）。なお、半導体基板10における凸部11の高さを半導体多層膜20の厚さの少なくとも2倍以上とする。また、半導体基板10における隣り合う凸部11、11間の距離も半導体多層膜20の厚さの少なくとも2倍以上とするが、好ましくは、上述したように、発光層22において、凸部11の一辺の長さ（ $W$ ）と隣り合う凸部11、11間の距離（ $W$ ）とが略等しくなるようにするのがよい。

【0015】図4には、発光層22が拡大して示されている。同図に模式的に示したように、発光層22は、さらに複数層、特にその数を限定しないが、例えば5層の半導体層（井戸層）220、221、222、223、224が障壁層を介して積層されてなる多重量子井戸構造になっている。それら各井戸層220、…間の厚さ $t$ は、InGaAsPの場合にはその屈折率が3.6程度であるため、好ましくは次式を満たすとよい。

$t = \lambda / 2n$ （ $\lambda$ は真空中における発光波長、 $n$ は発光層22の実質的な屈折率である。）この式を満たす厚さの時には、位相が揃い易く、隣合う井戸層220と221、221と222、222と223、223と224、においては、発せられた各光の電界強度の大きいところ（振幅でいうと腹に当たるところ）が相互に一致するので相互作用を起こし易く、反射の効果も生じる。つまり、各井戸層220、…で発せられた光が、相互に干渉し合って増幅されることになる。

【0016】図5には、上記量子井戸構造をなす発光層22のエネルギーバンド図が模式的に示されている。同図に示すように、バンド構造は、比較的小さな禁制帯幅（バンドギャップ） $E_L$ の領域と比較的大きな禁制帯幅 $E_H$ の領域とが交互に繰り返された構造となっている。なお、同図において、 $E_c$ は伝導帯のエネルギーレベルを表し、 $E_v$ は価電子帯のエネルギーレベルを表している。

【0017】以上の構造のLEDの製造プロセスに付いて図1及び図2を参考にして説明する。先ず、半導体基板10の主面にレジストを塗布し、上述した凹凸形状に対応したパターンを有するマスクを用いて、露光・現像を行い、そのマスクパターンをレジストに転写する。そして、ベーク処理を行った後、レジストの残存部分をエッチングマスクとして、ECR（電子サイクロトロン共鳴）エッチャーにより半導体基板10をエッチングする。エッチングマスクを除去した後、MOCVD（有機金属化学気相成長）法によりクラッド層21、発光層22、クラッド層23、コンタクト層24を順次エピタキシャル成長させる。

【0018】さらに、コンタクト層24上に絶縁膜30及び電極40を形成する。電極40は、コンタクト層24上に堆積させた金属膜（例えば、AuZn/Ti/P

t/Au) をアロイ化等の工程によりオーミック性半導体-金属接触させることにより得られる。また、半導体基板 10 の裏面に光取り出し用開口部 50a 及び n-電極 50 を設ける。

【0019】次に、具体例及び従来例を示す。

(具体例及び従来例) この具体例では、図 6 に示すように、光取り出し用開口部 50a にモノリシックレンズ 60 が形成されてなる LED 110 を用いた。また、従来例では、図 9 に示した LED において、光取り出し用開口部 8a にモノリシックレンズを形成してなるものを用いた。何れも発光波長は 1.5  $\mu\text{m}$  帯である。具体例においては、従来例よりも発光出力が 50% 向上した。また、それぞれのスペクトルを測定して比較したところ、具体例では従来例よりもエネルギーが若干高い方にシフトしているとともに、半値幅も 20nm 狭くなっていた。

【0020】なお、LED 110 においては、図 3 に示した升目の大きさ、即ち W を 1  $\mu\text{m}$ 、ECR エッチャーによる半導体基板 10 のエッチング量を約 1  $\mu\text{m}$ 、半導体多層膜 20 の厚さを 0.4  $\mu\text{m}$ 、凹凸形状部分の大きさを直径約 20  $\mu\text{m}$ 、モノリシックレンズ 60 の曲率半径を 130  $\mu\text{m}$  とした。

【0021】なお、半導体基板 10 や半導体多層膜 20 の各層や p-電極 40 などの材質は上記実施例のものに限定されないのはいうまでもない。即ち、InGaAsP 系の LED に限らず、AlGaInP 系や AlGaAs 系など種々の材質よりなる LED においても同様の効果が得られる。また、凹凸形状部分の大きさや半導体多層膜 20 の厚さなどの各種寸法に付いても上記実施例の数値に限定されないのはいうまでもない。例えば凸部 11 の平面正方形の一辺の長さは、0.5 ~ 10  $\mu\text{m}$  程度の間で任意に設定することができる。さらに、発光波長に付いても特に限定せず、任意である。

【0022】さらにまた、発光層 22 が量子井戸構造となっていなくても従来に較べて高出力が得られるのは勿論であるし、井戸層の数も 1 層でもよいし、2 層以上でもよい。また、凸部 11 の代わりに、凹部(穴)が形成されていてもよい。

【0023】また、図 7 に示したように、半導体基板 10 の裏側に設けた穴 50b にレンズ 70 を樹脂 80 で固定してなるレンズ付型 LED 120 にも本発明を適用す

ることができるのはいうまでもない。さらに、図 8 に示すように、凸部 11 の平面形状が円形であってもよいし、その他の形状であってもよい。

【0024】

【発明の効果】本発明に係る半導体発光装置によれば、発光領域における発光層が凹凸状に形成されており、その凹凸状に沿ってオーミック電極が形成されてなる構造であるため、発光領域に注入される電流の密度が低くなり、高出力に至るまで電流-光出力特性の直線性がよく、従来よりも利用可能な発光強度の最大値が大きくなるので、信号の伝送速度の上限をより高くすることができる。従って、高出力且つ高応答速度の何れも満足させることができ、光通信用の光源として好適である。さらに、出力特性や応答特性の性能は、上記発光層を多重量子井戸構造とすることにより、一層優れたものとなる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る半導体発光装置を適用した LED の一例を示す模式断面図である。

【図 2】その LED における凹凸形状部分を拡大して示す模式断面図である。

【図 3】その LED における凸部の配置の一例を示す模式平面図である。

【図 4】その LED の発光層を拡大して示す模式断面図である。

【図 5】量子井戸構造をなす発光層のエネルギーバンド構造を示す模式図である。

【図 6】本発明に係る半導体発光装置を適用したモノリシックレンズ型の LED の例を示す模式断面図である。

【図 7】本発明に係る半導体発光装置を適用した球レンズ付型の LED の例を示す模式断面図である。

【図 8】凸部の配置の他の例を示す模式平面図である。

【図 9】従来の LED の模式断面図である。

【符号の説明】

10 半導体基板

11 凸部

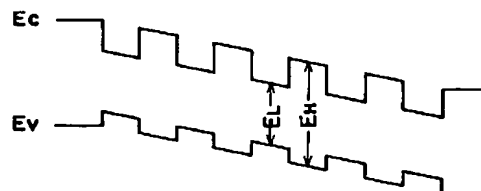
20 半導体多層膜

22 発光層

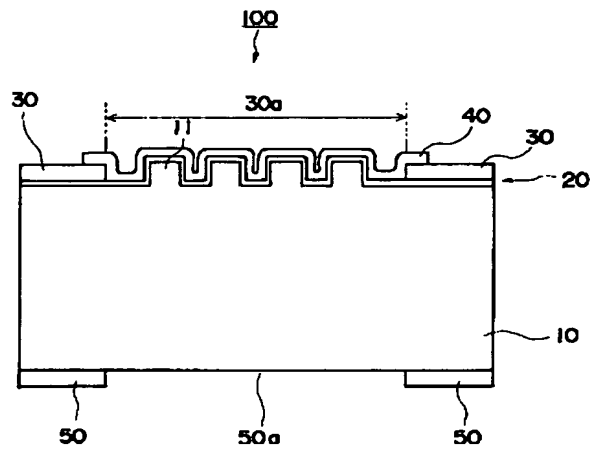
40 p-電極(オーミック電極)

100, 110, 120 LED'(半導体発光装置)

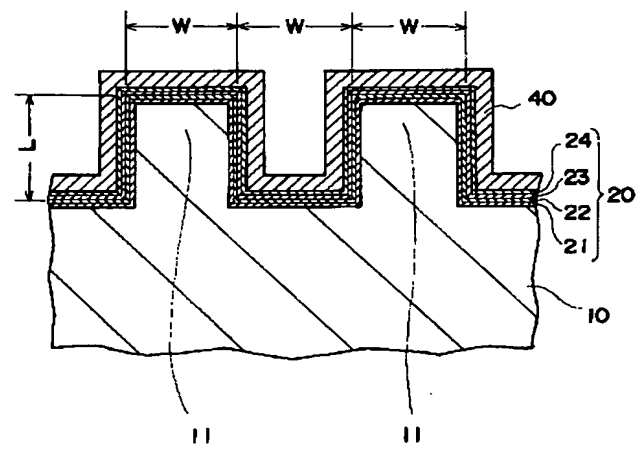
【図 5】



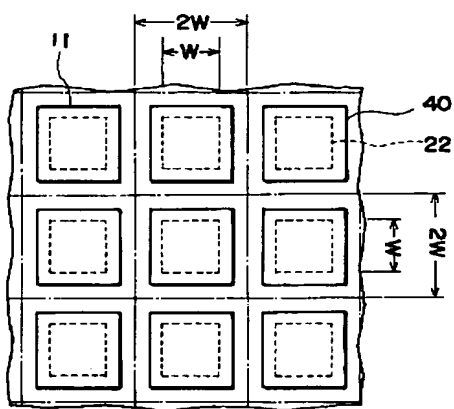
【図 1】



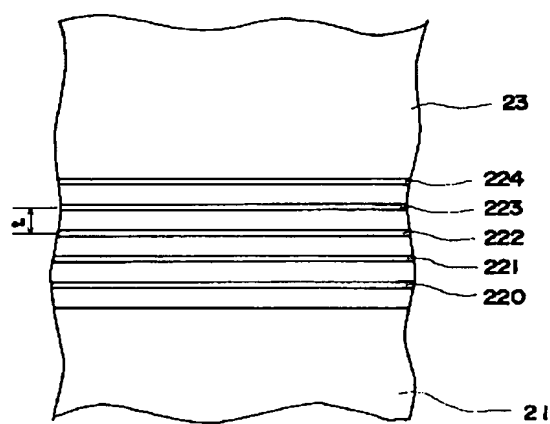
【図 2】



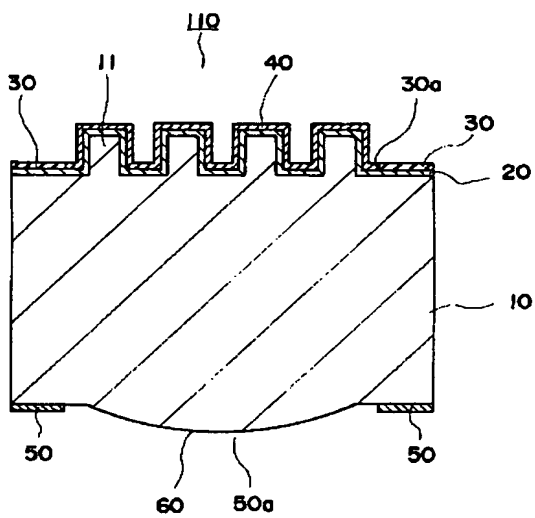
【図 3】



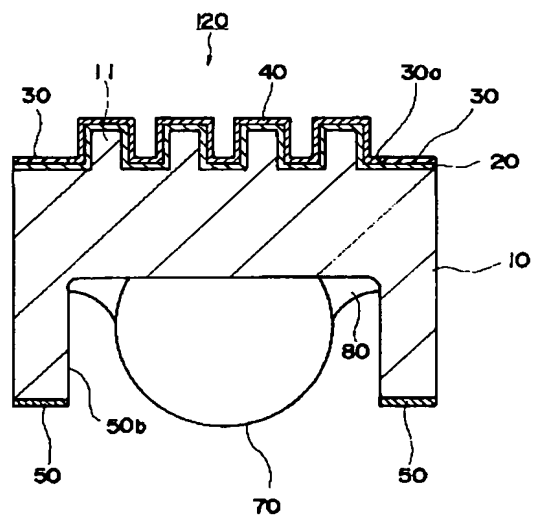
【図 4】



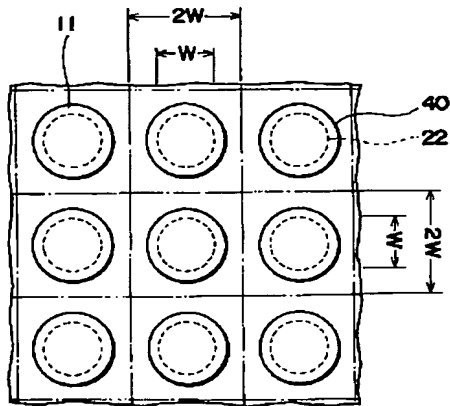
【図 6】



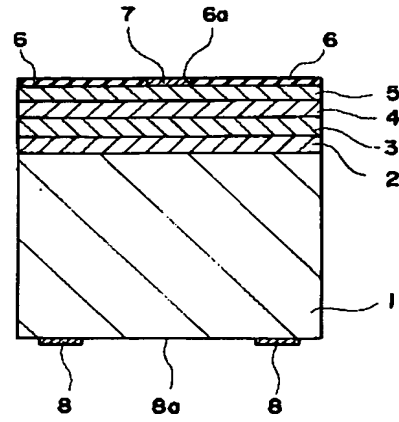
【図 7】



【図 8】



【図 9】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**  
As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.